

Une exposition au Palais de la Découverte

25 octobre 1984 — 28 avril 1985

Podzols, Rendzines et les autres...
Connaissez-vous les sols ?



Exposition réalisée sous l'égide de l'Association Française pour l'Etude du Sol à l'occasion du 50^e anniversaire de sa fondation, avec le concours du Ministère de l'Agriculture (DIAME), du Ministère de l'Environnement (SRETIE), de l'INRA, de l'ORS-TOM, du GERDAT (CIRAD), de la MIDIST, de l'Assemblée permanente des Chambres d'Agriculture et la participation du CNRS, de l'ACTA, de l'AN-PEA, du CEMAGREF, de l'ONF, de l'ONIC, du Crédit Agricole, de MATRA, de RENAULT et d'IBM France.

Photo 13 — L'Affiche de l'Exposition sur les sols réalisés dans le cadre du Cinquantenaire.

Inauguration de l'exposition

« Podzols, Rendzines, et les autres... Connaissez-vous les sols ? »

Après les quelques mots de bienvenue prononcés par Monsieur Michel HULIN, Directeur du Palais de la Découverte, Monsieur Georges PEDRO, Président de l'Association Française pour l'Etude du Sol a été amené à introduire l'Exposition.



Photo 14 — Monsieur Michel HULIN Directeur du Palais de la Découverte souhaitant la bienvenue à l'Association dans la Salle de l'Exposition. On reconnaît à côté du Président, Messieurs J.J. HERVE représentant Monsieur le Ministre de l'Agriculture, R. BETREMIEUX et G. DROUINEAU.

Monsieur le Représentant du Ministère de l'Agriculture
Monsieur le Directeur,
Mesdames et Messieurs,

Je vous remercie, Monsieur le Directeur, des paroles aimables que vous venez de prononcer pour introduire cette expo-

sition. L'Association Française pour l'Etude du Sol a été très sensible à la décision que vous-même et Monsieur ROSE votre prédécesseur avez prise pour nous accueillir dans cette enceinte prestigieuse, où la « chimie agricole », comme on disait encore, avait été présentée pendant un temps lors de la création du Palais de la Découverte en 1937. La Science du



Photo 15 — Présentation de l'Exposition à l'assistance par Monsieur Georges PEDRO président de l'AFES.

Sol et la Pédologie Française vous en sont particulièrement reconnaissantes.

Pourquoi cette exposition sur les sols, au moment de la célébration du premier Jubilé de notre Société Savante ? En fait, si l'Association Française pour l'Etude du Sol n'a que 50 ans, si le concept de sol, au sens scientifique du terme, n'a que 100 ans, le sol est connu par l'homme certes de manière intuitive et dans un cadre strictement local, depuis plusieurs millénaires... depuis le néolithique en tout cas. A partir du moment où nos ancêtres sont passés du stade de la cueillette à celui de la culture, ils ont été nécessairement confrontés aux terres, qui les entouraient et qu'ils devaient travailler. Avec l'expérience de générations successives, ils se sont alors bien rendus compte que les sols étaient variés et qu'ils constituaient même des sortes d'entités, auxquelles on pouvait donner un nom comme on donnait un nom aux différents animaux...

C'est ainsi que sont apparues des dénominations telles que :

- Podzols (terres cendreuse) et tchernoziem (terres noires) en Russie
- Boulbènes, groies, varennas... en France
- Rendzines en Pologne
- Smonitza en Serbie et en Bulgarie
- Terra rossa en Italie
- Terra roxa au Brésil
- Tirs au Maroc
- Regurs en Inde...

Ces noms, quelque peu ésotériques pour un citadin, vous les retrouverez en partie dans le titre de l'exposition ; car s'ils recouvraient les réalités pour les hommes d'hier, ils recouvrent aujourd'hui, avec le développement de la Science du Sol, à la fois des réalités et des concepts, ce qui a permis de faire le rapprochement entre plusieurs types : les tirs, les regurs, les smonitzas par exemple sont des sols équivalents.

C'est donc pour rendre compte des relations intimes qui existent entre la connaissance intuitive de l'homme des champs

et la connaissance scientifique des pédologues, et en même temps pour bien marquer l'attachement que nous portons à de telles relations que la Science du Sol a conservé un certain nombre de ces dénominations vernaculaires : podzols, rendzines et les autres... Vous connaissez... maintenant.

Or à l'aube du 3^e millénaire, alors que de plus en plus les problèmes liés à la production alimentaire de la Planète deviennent préoccupants, la relation entre l'homme et la terre semblent se distendre. De plus en plus en effet, une large fraction de l'humanité (plus de 60 % dans certaines nations) naît et vit dans des villes, dans des villes d'ailleurs de plus en plus grandes (mégalo-poles), où le contact avec le sol naturel est rompu, celui-ci étant recouvert de béton ou d'asphalte, et où le sens inné de la terre a tendance à complètement disparaître.

C'est pourquoi nous avons saisi l'opportunité du Cinquantenaire de notre Association, pour organiser cette exposition en plein air, afin de sensibiliser les visiteurs qui voudront bien venir, citadins et jeunes surtout, mais les autres aussi, au fait que le sol véritable est un don de la Planète Terre, qu'il apparaît comme une ressource indispensable à l'humanité et que son étude est une nécessité, aussi bien pour le monde de notre temps que pour celui de demain.

L'exposition inaugurée aujourd'hui est le résultat d'une opération collective mise sur pied sous l'égide de l'Association Française pour l'Etude du Sol. Elle est l'œuvre d'un grand nombre de chercheurs, ingénieurs et techniciens rattachés à tous les organismes et établissements français de recherche, d'enseignement et de développement. Au nom de l'Association, je les remercie tous bien vivement. J'adresse en même temps mes remerciements aux divers Ministères, Organismes, Etablissements publics ou privés, qui se sont intéressés à nos projets et nous ont apporté aide et soutien.



Photo 16 — Monsieur Jean BOULAIN, Vice-Président de l'AFES en discussion avec Monsieur Jean-Jacques HERVE.

La mise sur pied intellectuelle de l'Exposition a été effectuée sous la direction de Jean SERVANT, qui a coordonné avec Claude SCOUPE le travail de 5 commissions animées respectivement par J. BOULAIN pour la 1^{re}, G. BOCQUIER pour la 2^e, J.C. BEGON pour la 3^e, S. HENIN pour la 4^e et J.C. FAVROT pour la 5^e.

Quant à la réalisation, elle est essentiellement l'œuvre de Vincent ESCHENBRENNER, Michel-Claude GIRARD et Claude SCOUPE, qui se sont dépensés sans compter pour mener à bien l'opération de concert avec la Maison Prévot. Je tiens à les remercier tout spécialement, car ils ont su allier le message scientifique à la technique d'information audiovisuelle, l'exactitude au goût.

L'exposition en elle-même est organisée, comme je l'ai laissé entendre, autour de 5 thèmes :

Nous sommes partis des premiers contacts de l'homme avec la terre dans le **thème I : « Le sol épiderme de la Terre »**, consacré à l'histoire, au développement de la Science du Sol et à la définition du contour de cette Science, pour aboutir au dernier thème (V), qui traite de la Gestion rationnelle des ressources en sols de la Planète.

Entre les deux, trois thèmes consacrés à des aspects scientifiques sont abordés :

Thème II : « Formation des sols : altération et pédogénèse », où il est montré que le sol est un corps naturel situé à l'interface « lithosphère-atmosphère-biosphère », dont l'individualisation résulte de différents phénomènes de décomposition, transfert, accumulation, redistribution de matière par la faune aussi.

Thème III : « Distribution des sols dans l'espace ». Le sol est appréhendé de manière globale et typiquement naturaliste. Il est traité ici de la caractérisation des principaux types de sols de la Planète, de leur distribution à différents niveaux : latitudinale (bioclimatique), régionale, parcellaire, ce qui implique la prise en compte de différentes échelles et une évolution dans les modes d'approche. Il apparaît ainsi, tout à fait implicitement d'ailleurs, que l'on se trouve à une croisée des chemins et que la notion d'individu sol tend à disparaître au profit de la notion de couverture pédologique continue, partie intégrante de l'écosystème.

Thème IV : « Caractérisation analytique de la terre arable »

L'approche est ici typiquement réductionniste puisqu'elle est basée sur l'étude de :

- la taille des éléments constitutifs,
- leur nature minéralogique,
- leur organisation structurale,
- leur réactivité physicochimique,

ce qui a conduit à un certain nombre de dénominations différentes des appellations vernaculaires auxquelles nous faisons allusion tout à l'heure.

Thème V : « Gestion et utilisation des Sols ». Un grand nombre d'aspects est abordé dans cette dernière partie de l'Exposition. Plusieurs idées essentielles en ressortent :

(1) L'occupation des sols est très diversifiée ; elle varie naturellement en fonction des contraintes et des potentialités du milieu ; elle découle aussi de la pression humaine.

(2) La mise en valeur des sols doit être raisonnée, mais il faut savoir que le raisonnement n'est pas le même suivant les caractéristiques générales des zones bioclimatiques.

(3) L'utilisation agricole des sols doit se faire dans le respect des grands équilibres biogéodynamiques. A cet effet, un certain nombre de techniques est bien maîtrisé au niveau de la recherche et de la technologie : fertilisation, travail du sol, drainage, irrigation...

(4) Le sol a aussi des usages non agricoles : matériaux de construction et minerais, applications géotechniques et surtout système épurateur de la Planète, ce qui est important

avec les problèmes d'environnement qui se posent de nos jours.

Voilà, Mesdames et Messieurs, ce que nous avons voulu faire et ce que vous allez maintenant voir. Pour ce genre d'exercice, il paraît toutefois raisonnable de bien garder à l'esprit ce qu'a écrit Paul VALÉRY dans sa formulation à la fois élégante et manichéenne : « Tout ce qui est complexe est incompréhensible et tout ce qui est clair est inexact. »

Espérons que dans cette Exposition, nous ayons pu assez bien surmonter cette antinomie et aboutir de la sorte à un résultat d'ensemble aussi clair que vrai.

Plan de l'Exposition

« Podzols, Rendzines, et les autres... Connaissez-vous les sols ? »

Liste et numérotation des sujets traités (le plan correspond à la figure 3)

THÈME I. LE SOL, ÉPIDERME DE LA TERRE

1. Le sol est l'épiderme de la terre
2. Exemple de sol : profil de sol brun calcaire
3. Expérience populaire et connaissance rationnelle : Boulbènes et Terreforts du Sud-Ouest
4. Depuis toujours l'homme étudie le sol (double)
5. Recherche et diffusion de la Science du Sol en France
6. Le sol est un objet précieux pour l'humanité
- c. Vitrine : présentation d'ouvrages anciens sur les sols.

THÈME II. FORMATION DES SOLS : ALTÉRATION ET PÉDOGÉNÈSE

7. Le sol dans le cycle biogéodynamique
8. Le sol : rencontre du monde minéral et du monde vivant (double)
9. Altération des minéraux et des roches (double)
10. Présentation d'une altération expérimentale : extracteur Soxhlet
11. Origine et transformation de la matière organique des sols
12. Interactions organominérales. Rôle des organismes vivants
- d. Présentation de l'action des vers de terre
- 13.14.15. L'altération, les transferts et les accumulations contribuent à la différenciation des horizons et des sols — 13 (Podzol) — 15 (sol lessivé)
16. De grandes concentrations minérales se forment pendant des millions d'années par altération et pédogénèse. (double)
17. L'organisation structurale des sols
- j. Diaporama : les organismes des sols.

THÈME III. DISTRIBUTION DES SOLS : PROSPECTION ET CARTOGRAPHIE

18. Quelques grands types de sols : Podzols, Tchernozems, Laterites et Rendzines
19. Plusieurs niveaux de classification (de la classe à la

famille)

20. Les familles de sols se subdivisent en séries, et les séries en phases
- 21.22. De la prospection sur le terrain au tracé de la carte pédologique
- e. Présentation d'un bloc diagramme : sols, géologie, unités cartographiques
- 23.24.25. L'informatique, outil efficace pour l'étude des sols (ordinateur 2 écrans)
— documents en mémoire Dispositif IBM
— analyse cartographique
26. Les sols de France (carte pédologique au 1/1.000.000)
27. Les sols des pays chauds (carte pédologique du Tchad au 1/1.000.000)
28. Le sol, milieu dynamique au rythme des saisons (Nord-Cameroun)
29. Le sol, milieu évolutif à l'échelle du millénaire (Nord-Cameroun)
- a. Les grands ensembles de sols du monde (carte au 1/10.000.000)
- a. Ressources mondiales en sols (tableau)
- b. Présentation de 4 monolithes (Podzols, Rendzine, Sol Ferrallitique, Aridisol)
- j. Diaporama : les grands types de sols du monde.

THÈME IV. LA TERRE ARABLE : CONSTITUTION ET PROPRIÉTÉS

30. La terre : matériau constitutif des sols
31. Expérience de dispersion et sédimentation des terres
32. Les dénominations des terres
33. Les argiles : nature et constitution
34. Les propriétés spécifiques des constituants argileux
35. Les constituants organiques du sol
36. Le complexe argilo-humique
37. La structure des sols (double)
38. La porosité des sols et ses conséquences.
Minilaboratoire : Caractérisation rapide des terres
- f. Présentation de carences minérales (cultures sous serre).

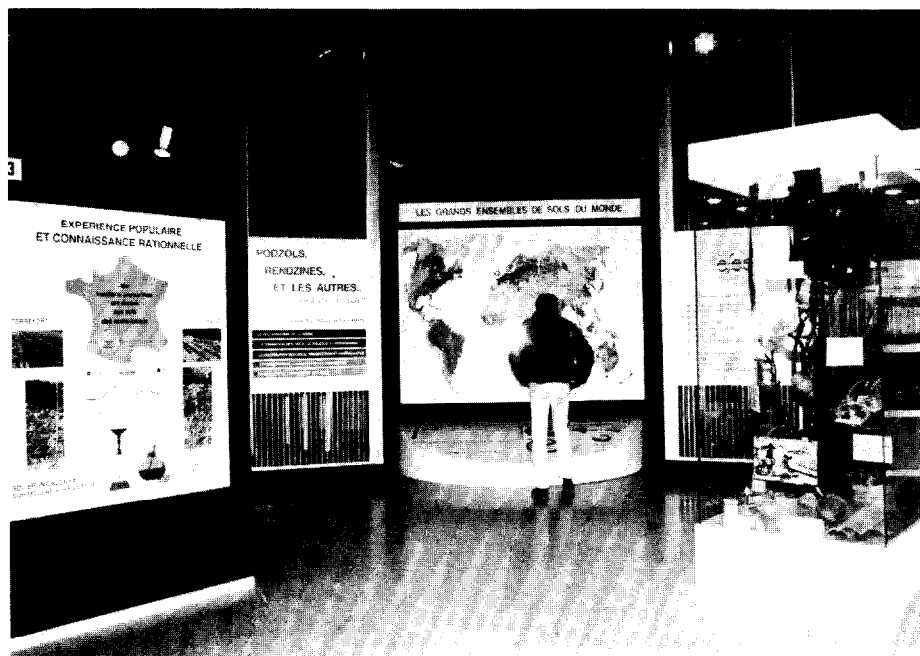


Photo 17 — Une vue de l'entrée de l'Exposition avec une carte des grands ensembles de sols du Monde au 1/10.000.000 et sur la gauche le début du Thème I : « Le sol épiderme de la Terre ». (Photo Chantal ROUSSELIN — Palais de la Découverte).



Photo 18 — Vue générale sur le Thème II : « Formation des sols : altération et pédogénèse », avec au premier plan le dispositif expérimental montrant l'action des vers de terre. (Photo Chantal ROUSSELIN — Palais de la Découverte).

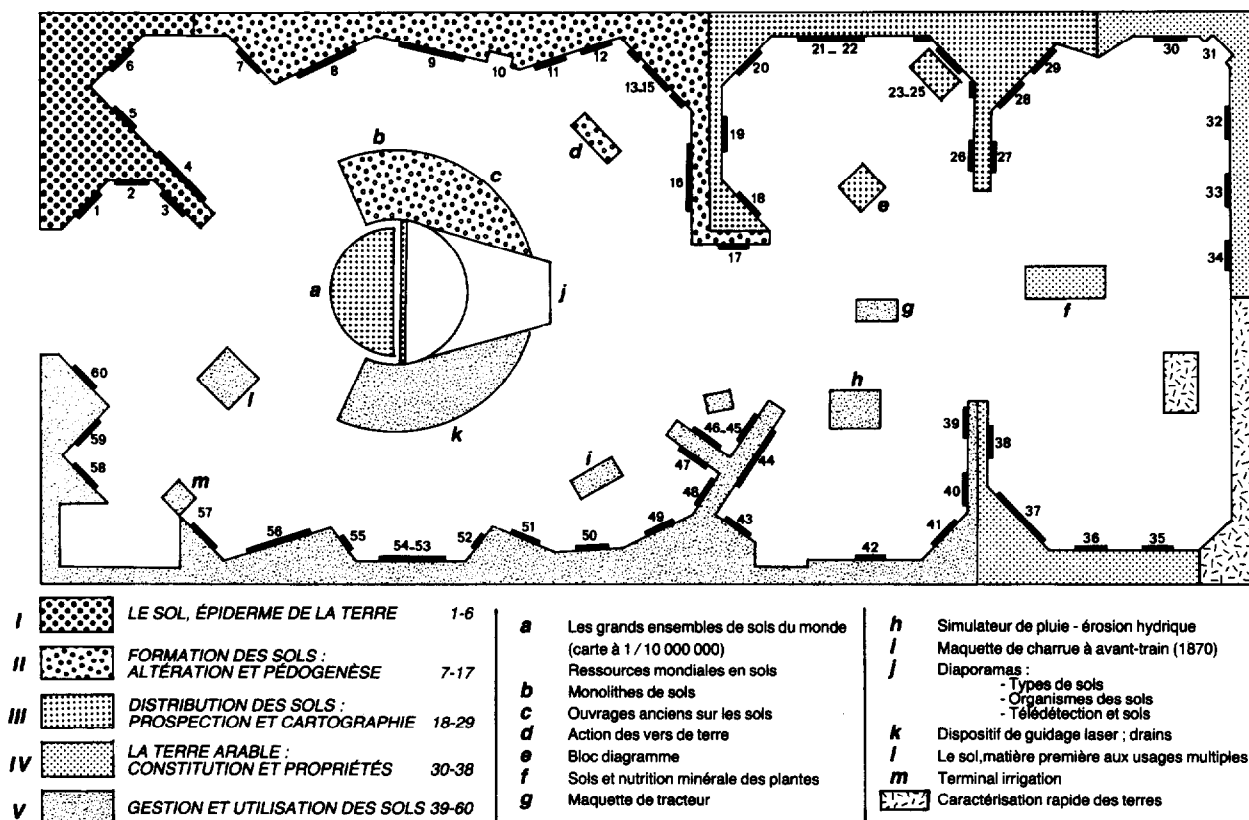


Fig. 3. — Plan de l'exposition.

THÈME V. GESTION ET UTILISATION DES SOLS

39. La télédétection et l'inventaire des ressources naturelles (Delta du Sénégal)
40. La compétition pour l'occupation du sol dans les pays industrialisés (Région parisienne)
41. Ressource fragile et difficilement renouvelable, le sol est exposé à de nombreuses agressions
42. L'érosion des sols ; ses différentes formes
- h. Présentation d'un dispositif d'érosion expérimentale
43. Le sol, producteur primaire de matière végétale
44. Cartographie pour la mise en valeur des terres : Etablissement d'un périmètre sucrier en Côte d'Ivoire (double)
- 45-46. Potentialités des sols et techniques de mise en valeur agricole (dispositif lumineux à touches)
47. Réserver les sols à leur meilleur usage (Région France-Centre, Vierzon)
48. Fertilisation raisonnée

49. Préparation du sol (historique)
- i. Maquette de charrue brabant (1870)
50. Sol et façons culturales
51. Adaptation de la mécanisation à la gestion des sols
- g. Maquette tracteur moderne (1984)
- 52-55. Le drainage agricole, son rôle (53) ; sa réalisation (54) ; les matériaux (52) ; les machines (55)
56. Ecoulement de l'eau dans un sol drainé (panneau lumineux)
57. Alimentation en eau des plantes (irrigation)
- m. Rôle de l'irrigation contrôlée (ordinateur-un écran)
58. Le sol système épurateur. Son fonctionnement (panneau lumineux)
59. Le sol système épurateur. Application agronomique
60. Réaménagement de sites dégradés avec valorisation des déchets urbains
- l. Le sol matériau de construction, minerais, médicaments... (vitrine).

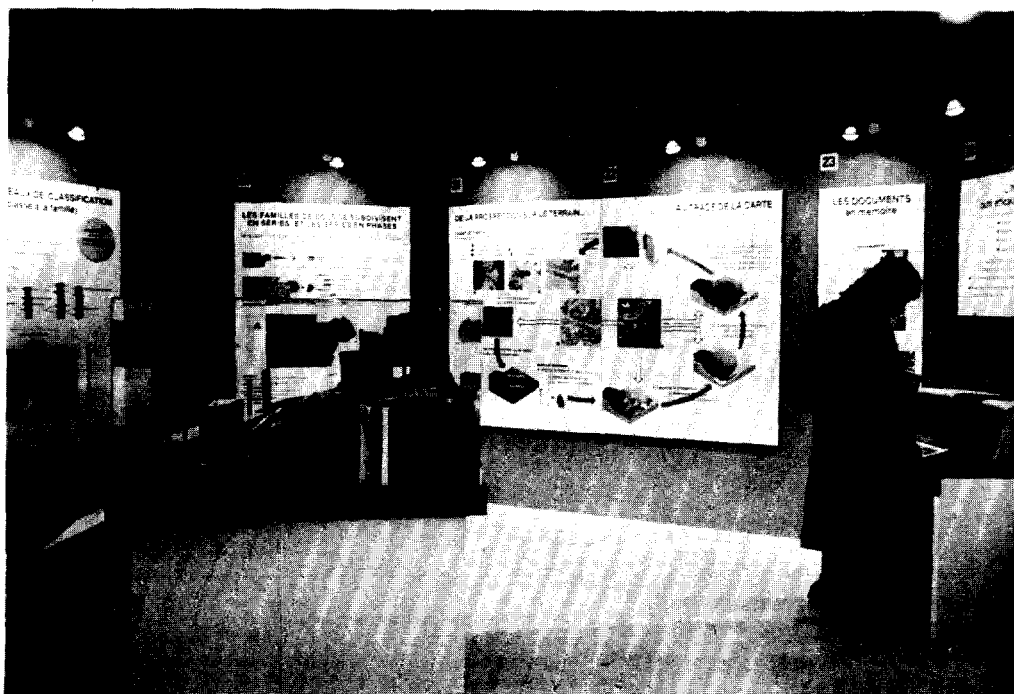


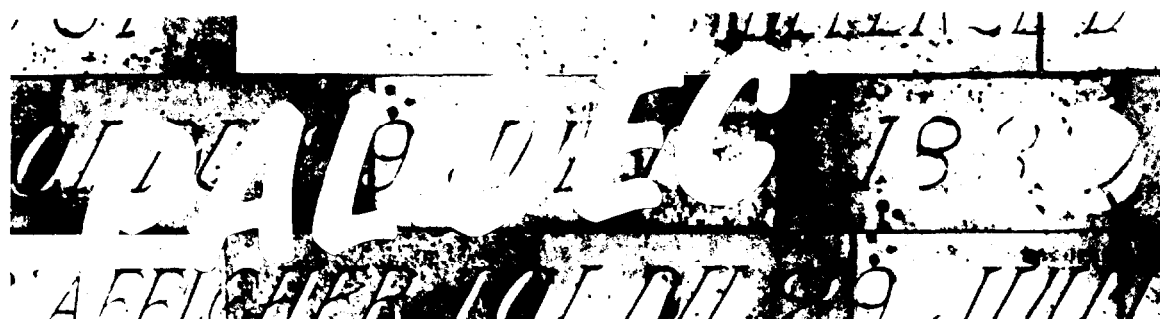
Photo 19 — Vue générale sur le Thème III : « Distribution des sols : prospection et cartographie », avec au premier plan le bloc diagramme. De l'entité sol... à la couverture pédologique continue. (Photo Chantal ROUSSELIN — Palais de la Découverte)



Photo 20 — Dans le fond, le Thème IV : « La terre arable : constitution et propriétés ». Au premier plan, la serre pour la mise en évidence des carences minérales. (Photo Chantal ROUSSELIN — Palais de la Découverte)



Photo 21 — Une vue partielle du Thème V : « Gestion et utilisation des sols », avec le dispositif de simulation de l'érosion hydrique.



LE JOURNAL DU PALAIS DE LA DÉCOUVERTE — AVENUE FRANKLIN-D-ROOSEVELT 75008 PARIS

3 F

PODZOLS, RENDZINES ET LES AUTRES...

CONNAISSEZ-VOUS LES SOLS ?

Une telle interrogation devrait être bien superflue en cette fin du XX^e siècle, alors que le sol constitue un milieu en contact intime et permanent avec l'homme, et que sa présence à la surface des continents est tout à fait indispensable à l'existence et au développement de l'humanité.

En réalité, les hommes de la terre, les agriculteurs, les paysans... ont depuis toujours appris à reconnaître et à caractériser les sols de leurs champs (cf. les Géorgiques de Virgile) et à donner des noms vernaculaires à ceux qui leur paraissaient spécifiques : boubènes, terreforts, groles... en France, podzols et tchernozems en Russie, rendzines en Pologne, tirs au Maroc, regurs en Inde... Mais cette connaissance se situait dans le cadre d'une perception intuitive et strictement locale, et ne résultait pas d'une analyse scientifique.

Aussi, un grand pas a-t-il été réalisé à partir de 1883, lorsque B.B. Dokouchaev a établi les bases rationnelles de l'étude des sols et créé une nouvelle science : la science du sol ou pédologie.

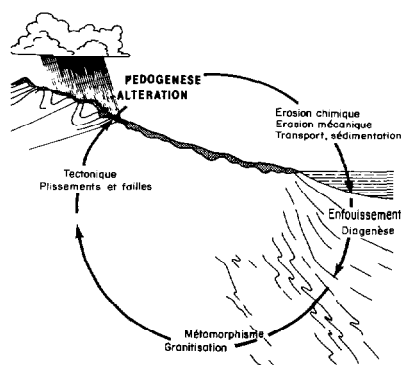
Depuis cette époque, de grands progrès ont été réalisés, notamment à partir de la fin de la dernière guerre. C'est la raison pour laquelle, à l'occasion du 50^e anniversaire de sa fondation, l'Association Française pour l'Étude du Sol a conçu cette exposition, dont le but est à la fois de faire le point des connaissances actuelles et d'animer une réflexion sur les problèmes du futur.

LE SOL : SYSTÈME NATUREL, CARACTÉRISTIQUE DE LA SURFACE DU GLOBE

Vers la fin du XIX^e siècle, B.B. Dokouchaev avait constaté, à la suite des nombreuses prospections qu'il avait réalisées dans l'immense plaine russe, que les sols n'étaient pas uniformes et que leur nature variait en fonction des conditions bioclimatiques du milieu ambiant. Aussi a-t-il été amené à concevoir le sol comme résultant de la transformation normale de toute roche en affleurement, sous l'influence des facteurs atmosphériques et biosphériques, et d'en faire ainsi un corps "naturel" caractéristique de l'interface lithosphère-biosphère.

Partant de là, non seulement ce savant créait une nouvelle science : la science du sol ou pédologie, mais encore il faisait entrer de plain-pied le sol dans le cycle géologique général, en le considérant comme le premier maillon de l'évolution biogéodynamique externe : altération-érosion-sédimentation.

LE SOL DANS LE CYCLE GÉOLOGIQUE



De nos jours, la pédologie est devenue une science tout à fait autonome. Elle a cependant des relations privilégiées avec d'autres disciplines des sciences de la terre (minéralogie, géochimie, géomorphologie...) d'une part, et des sciences de l'environnement (écologie, agromonie, climatologie...) d'autre part.

Podzol : nom d'origine russe, désignant un type de sol très acide, développé sous forêt résineuse.

Rendzine : nom d'origine polonaise, désignant un sol peu épais, caillouteux, basique, formé sur une roche calcaire.

STRUCTURE GÉNÉRALE DE L'EXPOSITION

L'exposition est réalisée autour de 5 thèmes :

I LE SOL, ÉPIDERME DE LA TERRE

Evolution des idées et passage de la connaissance populaire à l'approche rationnelle. Acquisition et diffusion des connaissances en France. But et intérêt de la science du sol.

II FORMATION DES SOLS : ALTÉRATION ET PÉDOGENÈSE

Le sol, milieu superficiel et organisé, à la rencontre du monde minéral et du monde vivant. Phénomènes d'altération des roches et de transformation des matières organiques. Modes d'intervention des organismes vivants. Différenciation des profils et développement des épaisseurs couvertures d'altération (fertilisées, baulées...). Les différents niveaux d'organisation.

III DISTRIBUTION DES SOLS : PROSPECTION ET CARTOGRAPHIE

De la prospection de terrain au tracé de la carte pédologique. Les grandes classes de sols, en France et dans le monde. Les différentes échelles d'étude et de représentation. De la notion de type de sol au concept de couverture pédologique continue dans l'espace et dans le temps.

IV LA TERRE ARABLE : CONSTITUTION ET PROPRIÉTÉS

Définitions et dénominations des terres. Nature et propriétés des argiles. Constituants organiques et complexe argilo-humique. Le sol, milieu structuré et poreux.

V GESTION ET UTILISATION DES SOLS

Contraintes (érosion, dégradation, pression humaine...) et potentialités. Utilisation raisonnée de l'espace pour la mise en valeur. Techniques et aménagements agricoles. Le sol, système épurateur. Le sol, matière première.

Photo 22 — Fac simulé du Journal de l'Exposition (Palais de la Découverte)

LE SOL : UN MATÉRIAU ORIGINAL PAR SA CONSTITUTION, SES ORGANISATIONS ET SES PROPRIÉTÉS

A la différence d'une roche par exemple, un sol est un matériau généralement meuble, formé de composés minéraux, de substances organiques, de matière vivante, d'eau et d'air.

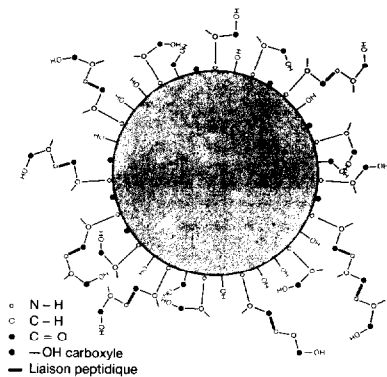
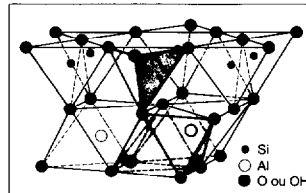


Schéma structural d'une macromolécule (poids moléculaire supérieur à 50 000) d'acide humique : noyau central riche en composés polycycliques entouré de chaînes polypeptidiques.

Les **constituants organiques** proviennent de l'évolution post-mortem des organismes vivants, végétaux et animaux. Il s'agit de macromolécules qui constituent la matière première de l'humus.

Les **constituants minéraux** caractéristiques des sols résultent de la transformation biogéochimique des minéraux altérables de la roche de départ : ce sont généralement des silicates d'alumine en feuillets de très petite taille (< 2 µm) : kaolinite, illite, montmorillonite... On les appelle des "argiles".

FEUILLET



Un feuillet de kaolinite est constitué par l'assemblage d'une couche tétraédrique et d'une couche octaédrique. La superposition régulière des feuillets, distants de 7 angströms, forme une cristallite. L'assemblage de cristallites correspond à un domaine.

Une argile typique des sols tropicaux :
LA KAOLINITE
 $[\text{Si}_2\text{O}_5\text{Al}_2(\text{OH})_4]$



CRISTALLITE
(microscopie électronique à transmission : haute résolution)



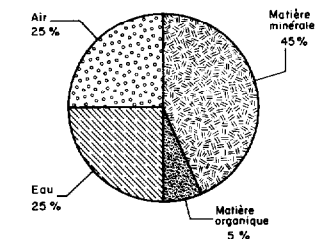
DOMAINE
(microscopie électronique à balayage)

Argiles et humus, qui développent tous les deux une grande surface réactionnelle (plus de 100 m²/g), représentent la fraction active des sols : plasma minéral, organique, ou organo-minéral (= complexe argilo-humique).

Le sol est un **système poreux**. Les vides, dont les dimensions varient de quelques nanomètres (milliardièmes de mètre) à quelques centimètres, peuvent être occupés par de l'air, de l'eau et par de la matière vivante.



Organisation des pores fissuraux et tubulaires (en noir) de l'horizon Bt d'un sol brun lessivé. Les pores fissuraux délimitent des agrégats polyédriques. (Observation au microscope polarisant d'une lame mince taillée dans un échantillon imprégné et consolidé par une résine)



Composition en volume de l'horizon supérieur d'un sol brun sur limon, après ressuyage. Le volume des vides (porosité totale) représente la moitié du volume de l'échantillon. La matière vivante, qui n'a pas été différenciée de la matière organique sur ce schéma, occupe moins de 0,1 % du volume total, mais son rôle est très important.

Les divers constituants s'associent entre eux pour former des assemblages (assemblages plasmatiques, agrégats, concrétions...), dont la nature, la taille, la porosité et la stabilité sont très variables. Le sol est donc aussi un **système structuré**, mais ses organisations sont susceptibles de varier en fonction des conditions du milieu.

Certaines de ces variations se réalisent assez rapidement (journée, saison, année), d'autres nécessitent des périodes beaucoup plus longues (du siècle au million d'années).

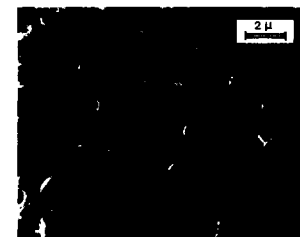
Le sol est enfin un **système fonctionnel** : à la fois réacteur chimique et biologique, il "respire" au rythme des saisons et des années.

Les potentialités agronomiques des sols découlent de l'existence de cet ensemble de propriétés spécifiques.

La **matière vivante** est représentée par les racines des végétaux et par divers organismes, dont une grande partie est de taille microscopique (bactéries, algues, actinomycètes, champignons...)

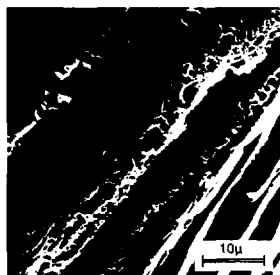


Acarien oribate (longueur : 0,6 mm), microarthropode fréquent et souvent abondant (plus de 100 000 par mètre carré) dans les sols. Il contribue à la fragmentation et à l'humification des débris végétaux.



Argile de type smectite fortement hydratée (pH 1,5) : organisation tridimensionnelle déformée des pores ou est localisée l'eau. (Observation au microscope électronique à balayage : dispositif cryocan)

LE SOL : UN MILIEU DIFFÉRENCIÉ VERTICALEMENT ET DIVERSIFIÉ SPATIALEMENT



Altération des bords d'un cristal de mica (biotite) en argile (smectite).
Microscopie électronique à balayage.

La genèse d'un sol résulte en général de la mise en œuvre de phénomènes d'altération biogéochimique des matériaux initiaux (minéraux et organiques) et de processus de redistribution verticale et latérale (transfert et accumulation) des produits de l'altération.

Ces actions entraînent une différenciation géochimique, minéralogique et structurale de la matière consécutive à des transferts hydriques (en solution ou sous forme figurée) et biologiques par l'intermédiaire de la faune (vers de terre, termites...).



Dépôt zoné (cutane) de plasma aluminos-ferreux emplissant un pore tubulaire.
Microscopie polarisante ; lumière naturelle.

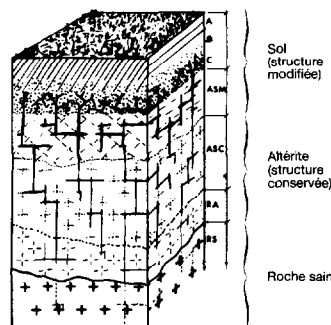
A VOIR DANS L'EXPOSITION :

- la carte des sols du monde
- la carte des sols de France
- la carte des sols du Tchad
- le panneau des grandes concentrations minérales (thème II)
- le bloc-diagramme (thème III)

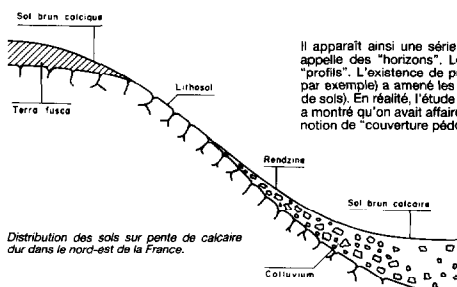
SCHEMA THEORIQUE D'UN PROFIL D'ALTÉRATION SUPERFICIELLE

On distingue successivement de bas en haut, la roche saine (RS) ; la roche altérée mais compacte (RA) ; un niveau minéral meuble à altération marquée mais où la structure pétrographique de la roche initiale est conservée (ASC) ; un niveau minéral très altéré où l'on ne reconnaît plus la roche de départ (ASM) ; enfin, à l'interface avec la biosphère, un ensemble organominéral formé de plusieurs horizons pédologiques (A, B, C).

D'après la nature des transformations enregistrées, il est possible de considérer 2 grands niveaux : le premier, qui est le plus profond, est constitué de RA et ASC ; l'évolution y est essentiellement géochimique et minéralogique avec conservation des structures, donc des volumes ; le second, qui est formé de ASM et de S, est superficiel et résulte avant tout d'une transformation structurale bien marquée, conduisant ainsi à l'individualisation d'un nouveau matériau, soit meuble (sol en général), soit plus cohérent (craie, croute...). En quelque sorte, comme pour la peau, on peut considérer l'existence d'un derme et d'un épiderme à la surface de la terre.



Sol (structure modifiée)
Altérée (structure conservée)
Roche saine



Distribution des sols sur pente de calcaire dur dans le nord-est de la France.

Il apparaît ainsi une série de niveaux plus ou moins parallèles à la surface. On les appelle des "horizons". Leur superposition verticale conduit à l'individualisation de "profils". L'existence de profils caractéristiques (comme les podzols et les rendzines par exemple) a amené les pédologues à définir tout d'abord des individus-sols (types de sols). En réalité, l'étude du développement et de la succession latérale des horizons a montré qu'on avait affaire, la plupart du temps, à un continuum pédologique ; d'où la notion de "couverture pédologique" qui tend à prévaloir de nos jours.



Profil de podzol faisant apparaître sous un horizon d'humus brut (A0) un horizon gris-blanc cendré (A2), puis un horizon d'accumulation ferro-humique (Bh-fe).

Par ailleurs, la répartition des différents sols dans l'espace n'est pas quelconque : elle dépend des conditions bioclimatiques externes et du fonctionnement interne de la couverture pédologique.

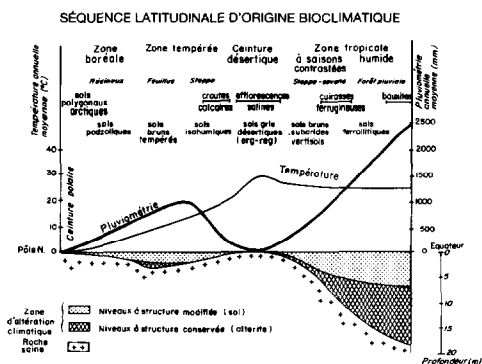


Schéma indiquant les variations de la nature et de l'épaisseur des sols en fonction de la latitude (du pôle nord à l'équateur).

L'observation de la répartition mondiale des différentes couvertures pédologiques montre que :
— la grande extension des sols de montagne (sauf en Afrique et en Australie),
— l'importance des sols arides et des zones désertiques (mais leur absence en Europe),
— l'étendue des régions couvertes de sols ferrallitiques et pénéferrallitiques en Afrique et en Amérique latine,
— enfin, la localisation préférentielle des sols bruns et lessivés dans l'hémisphère boréal, principalement en Europe et en Amérique du Nord.

De ce fait, les potentialités des diverses nations du monde sont très variables en fonction des sols constituant leur territoire.

LE SOL : RESSOURCE INDISPENSABLE A L'HUMANITE



Le tiers de la population du globe vit dans des habitations construites en argile séchées. Mélange à froid avec de l'eau et de la paille, l'argile se modèle facilement. Quand ce mélange se dessèche et "cuit" au soleil, il devient un matériau dur, imperméable et isolant.



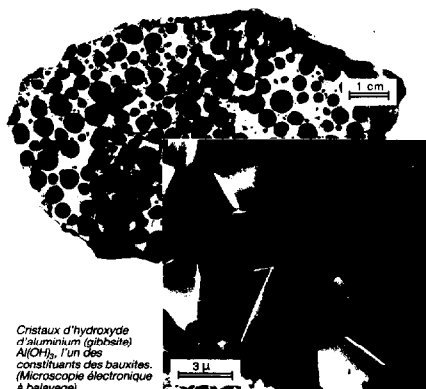
A la surface du globe, les terres émergées représentent 14 900 millions d'hectares, dont 3 278, soit 22 %, sont constitués par des sols qui peuvent assurer une production agricole : 10,6 % sont actuellement cultivés et 11,4 %, potentiellement cultivables, constituent les réserves. Leur mise en culture, en s'appuyant sur des techniques bien maîtrisées et adaptées aux conditions locales (conservation et protection contre l'érosion, travail du sol, assainissement et drainage, irrigation, fertilisation...) est indispensable si l'on veut être à même de nourrir les habitants du globe dans un proche avenir (6 milliards dès l'an 2000). Mais de telles opérations nécessitent la connaissance et le respect des équilibres pédobioclimatiques, afin de ne pas provoquer de dégradations irréversibles. Les pédologues s'emploient à procéder à un inventaire et à une caractérisation des sols de la planète et à appréhender leurs évolutions, afin d'être en mesure de préserver les équilibres naturels.

"Courtisons la terre" comme a dit récemment R. Dubos.

Les sols, à des titres divers, sont très utiles à l'homme :
- comme matériau de construction (l'habitat en terre crue abrite encore 1,5 milliard d'hommes) ou comme minéral de première nécessité (bauxite...),
- mais surtout comme milieu vivant et fonctionnel, où il s'avère alors tout à fait indispensable : on le sait généralement en ce qui concerne l'agriculture, l'élevage et la production de bois ; on sait moins en revanche que le sol sert de système épurateur à la biosphère.

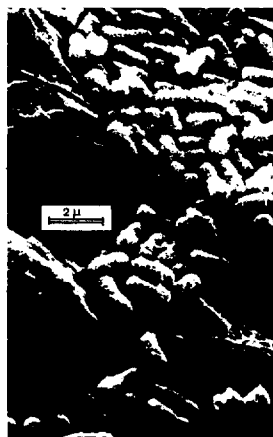
LA BAUXITE, MINERAL D'ALUMINIUM

Section d'un échantillon de cuirasse bauxitique pisolitique.



Cristaux d'hydroxyde d'aluminium (gibbsite) $Al(OH)_3$, l'un des constituants des bauxites. (Microscopie électronique à balayage)

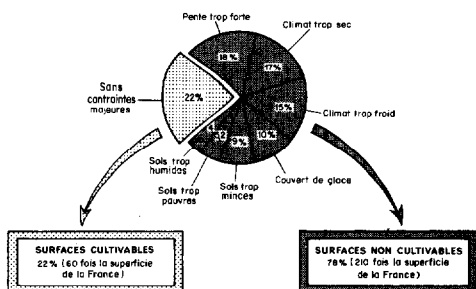
Colonie de bactéries à la surface d'un débris végétal (Microscopie électronique à balayage).



Pasteur disait : "Si les microbes disparaissaient du sol, la surface de la terre serait encombrée de cadavres de tous genres, animaux et végétaux ; sans eux, la vie deviendrait impossible, parce que l'œuvre de la mort serait incomplète". Il faut souligner, par ailleurs, que certains micro-organismes du sol produisent des substances antibiotiques, ce qui explique l'élimination naturelle dans le sol d'un grand nombre de bactéries pathogènes pour l'homme et les animaux. C'est la domestication de tels micro-organismes qui a permis la production industrielle d'antibiotiques. Ainsi *Wakaman*, qui a découvert en 1944 la *streptomycine* et fait ainsi régresser la tuberculose, était un chercheur de science du sol spécialisé en microbiologie.

RESSOURCES MONDIALES EN SOLS

Principales contraintes à l'utilisation agricole des sols (pourcentages par rapport à la surface totale des terres émergées)



Le sol est un milieu fragile ; il peut en effet se dégrader, voire disparaître, en très peu d'années, lorsqu'il est utilisé sans précautions. Il est d'autre part très long à se développer, sa formation nécessitant généralement beaucoup de temps, quelques millénaires et souvent plus. C'est donc une ressource naturelle non renouvelable. L'avenir de l'humanité implique en définitive beaucoup de sagesse, car il nécessite à la fois l'utilisation et le respect des sols de la planète.



Erosion en rigoles.

Exposition réalisée par l'Association Française pour l'Etude du Sol à l'occasion du 50^e anniversaire de sa fondation, avec le concours du Ministère de l'Agriculture (DIAME), du Ministère de l'Environnement (SRETIE), de l'INRA, de l'ORSTOM, du GERDAT (CIRAD), de la MIDST de l'Assemblée permanente des Chambres d'Agriculture et la participation du CNRS, de l'ACTA, de l'ANPEA, du CEMAGREF, de l'ONF, de l'ONIC, du Crédit Agricole, de MATRA, de Renault et d'IBM France.

Georges Pédro et Vincent Eschenbrenner

Octobre 1984.

Gauthier et Im. Paris 205 12 86

Visites et échos de l'Exposition



Photo 23 — L'Exposition annoncée dans les Parcs et Jardins de la Ville de Paris. (Ci-dessus, avenue de Breteuil — mars 1985)
(Photo Madame A. GARNIER)

VISITES

Visites scolaires

En dehors des périodes de vacances scolaires, des visites de classe ont été programmées pour les élèves du secondaire dans le cadre du Palais de la Découverte, à raison de 1 à 5 par jour. Ces visites ont été au nombre de 8 en novembre, 13 en décembre, 22 en janvier, 10 en février, 33 en mars et 35 en avril. Au total, près de 4.000 élèves ont visité l'exposi-

tion en compagnie de leurs professeurs (Biologie-Géologie et Géographie).

Visites organisées

En plus des visites groupées réalisées par tel ou tel organisme, service ou centre de recherche sous leur responsabilité, l'AFES a été amené à faire visiter l'Exposition à plusieurs reprises :

- 12 février 1985. Visite du Centre de Pédologie biologique de Nancy (CNRS) sous la direction de B. SOUCHIER (G. PEDRO et Ph. DUCHAUFOR).
- 6 mars 1985. Visite des ingénieurs des Chambres d'Agriculture (APCA) (G. PEDRO et S. HENIN).
- 16 mars 1985. Visite de l'Association Française pour l'avancement des Sciences (G. PEDRO).
- 28 mars 1985. Visite du Ministère de l'Agriculture (G. PEDRO, M.C. GIRARD, S. HENIN, J. SERVANT et Micheline ROUX). Ont participé à cette visite les personnalités suivantes :

M. LE BARS, Conseiller Technique — Cabinet du Ministre de l'Agriculture

M. RENARD, Directeur de l'Aménagement

M. BOURGET, Conseiller Technique à la Direction de l'Aménagement

M. HERVE, Chargé de Mission, Direction de l'Aménagement, (DIAME)

M. POINTUD, Chef du Service des Structures et des Exploitations Agricoles DIAME

M. COUTENET, Chef du Bureau des Actions Foncières Générales au Service des Structures et des Exploitations Agricoles, DIAME

M. NOEL, Service des Structures et des Exploitations Agricoles, DIAME

M. BALLAY, Sous-Directeur de l'eau et des Equipements Publics à la Direction de l'Aménagement, (DIAME)

M. DEBEAUX, Chef du Bureau Activités Agricoles et qualité des eaux — DIAME

M. MANGEOL, Bureau Sols et Systèmes Agraires, DIAME-S.T.P.R.A.

M. de MAUPEOU, Chef du Bureau Hydraulique Agricole et grands ouvrages DIAME

Mlle SIMONET, du C.I.F.A.R. — DIAME

M. GIRAUD, Direction de la Production et des Echanges, Conseiller Technique

M. du MESNIL, Direction de la Production et des Echanges, Conseiller Technique.



Photo 24 — Visite du Ministère de l'Agriculture (28 mars 1985)
De gauche à droite : MM. HENIN, PEDRO et GIRARD de l'Association, M. RENARD, Directeur de l'Aménagement au Ministère de l'Agriculture et M. LE BARS, Conseiller technique au Cabinet du Ministre de l'Agriculture.



Photo 25 — A Centre, M. ROUCAN, responsable du Secteur des Sciences de la Terre au Palais de la Découverte.

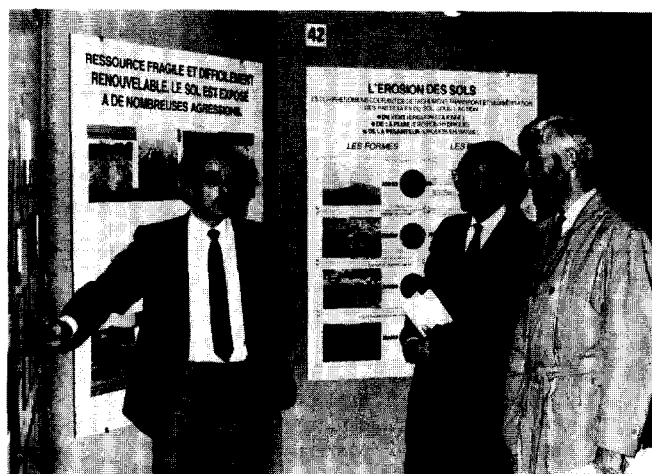


Photo 26 — De gauche à droite : M. GIRARD de l'Association, M. RENARD, Directeur de l'Aménagement au Ministère de l'Agriculture et M. LE BARS, Conseiller Technique au Cabinet du Ministre de l'Agriculture. (Photos Palais de la Découverte).

ÉCHOS DE L'EXPOSITION

A la Radio et à la Télévision, l'Exposition a été évoquée à plusieurs reprises :

— Radio Tour Eiffel : Emission « Ouverture sur la Vie » de Bernard STEPHANE ; interview avec G. PEDRO et Cl. SCOUPE le 4 décembre 1984 (15-16 h).

— France Inter (Picardie) : dans le cadre d'une émission sur le Salon International de l'Agriculture — 15 mars 1985.

— France Culture : Emission « Les grandes avenues de la Science moderne » de Georges CLERC, avec le Professeur AUGER ;

— dans le cadre d'une émission sur le Palais de la Découverte — 13 avril 1985 (19 h 30-20 h) ;

Emission spéciale à propos de l'Exposition sur les sols — 19 avril 1985 (19 h 30-20 h) (Cl. SCOUPE).

— F.R.3. : dans le cadre d'une émission sur la presse associative scientifique des sciences de la nature, 13 avril 1985 (16 h 15 - 17 h 30) (C. JEANSON).

Dans la Presse écrite, l'Exposition a été évoquée ou analysée dans divers journaux ou hebdomadaires (quelques témoignages sont reproduits ci-après), ainsi que dans plusieurs revues scientifiques :

Géochronique (N° 12 et 13 — nov. 1984 et fév. 1985) — Recherche et Coopération (N° 19 — janvier 1985) — Agriculture (nov. 1984) — Bulletin de l'Association des Professeurs Biologie-Géologie (A.P.B.G. — N° 4 — 1984) — I.N.R.A. mensuel (N° 16 — janvier 1985) — O.R.S.T.O.M.

actualités (N° 3-4 — octobre 1984) — Bulletin de l'Association Internationale de la Science du Sol (N° 66 — 1984/2 et N° 67-1985/1)...

Elle a enfin donné lieu à une **présentation devant l'Académie d'Agriculture de France** le 5 décembre 1984 par G. PEDRO (1) :

Cette exposition est l'œuvre de l'Association Française pour l'Etude des Sols, Société savante qui regroupe en France toutes les personnes qui s'intéressent au sol, et en particulier celles qui par leur profession sont en rapport avec les sols cultivés. Vous ne serez donc pas étonnés qu'elle ait été fondée en 1934 par un de vos éminents prédécesseurs Albert DEMOLON, et qu'ultérieurement un certain nombre de personnalités appartenant aujourd'hui à cette Compagnie aient présidé à sa destinée : G. AUBERT, S. HENIN, G. BARBIER, G. DROUINEAU et Ph. DUCHAUFOR.

La manifestation, dont il est question ici, a été mise sur pied à l'occasion du Cinquantenaire de cette Association (1934-1984) ; organisée avec l'aide des pouvoirs publics et d'un grand nombre d'organismes d'enseignement, de recherche et de développement (2), elle doit se tenir à Paris durant six mois dans le cadre du Palais de la Découverte. Dès le départ, un double but lui était assigné :

— montrer à la communauté scientifique et, en particulier à la communauté agronomique, l'apport qui a été réalisé dans ce domaine de recherches depuis cinquante ans.

— en second lieu, tenter de faire toucher du doigt aux citadins et aux jeunes en particulier, c'est dire à une fraction toujours plus importante de la population complètement déconnectée de la nature du fait de son univers de béton et d'asphalte, l'importance du sol quant à l'avenir de l'humanité ; dans le même temps, essayer de lui apprendre, ce qui venait autrefois de la sagesse des nations, et qui résultait des relations intimes entre la terre et les hommes.

C'est pourquoi l'exposition a été conçue en vue d'une lecture à deux niveaux :

— un niveau de type essentiellement pédagogique, dont la mission essentielle est de montrer ce que sont la Science du Sol et la Pédologie pour les personnes qui n'ont aucune idée du sujet.

— un niveau de nature scientifique, qui tend à illustrer les derniers résultats, les nouveaux concepts et les applications les plus récentes, pour ceux qui sont convaincus de l'intérêt de la Science du Sol, mais qui désirent approfondir leurs connaissances et, en même temps les situer au sein d'un schéma directeur actualisé.

L'exposition commence par la présentation d'une grande carte au 1/10.000.000 sur les principaux ensembles de sols du monde, réalisée spécialement à cet effet (3) et accompa-

AU PALAIS DE LA DÉCOUVERTE

Tchernoziom et les autres

« Podzols, rendzines et les autres ». L'actuelle exposition du Palais de la découverte, à Paris, consacrée aux sols aurait dû s'appeler « tchernoziom », car ce nom de sol est probablement le seul à être connu du grand public.

Les sols sont rarement appréciés à leur juste valeur. Pourtant, sans eux, l'humanité ne pourrait vivre. Des sols dépendent toute la végétation naturelle et toutes les cultures. Ils sont comme des êtres vivants nés des roches les plus superficielles des continents et modifiés dans leur nature chimique et physique, par l'action des agents atmosphériques et des organismes vivants.

Les sols évoluent — ils sont jeunes puis se dégradent — en fonction du climat, de la topographie, de la couverture végétale et de l'action de l'homme.

De nombreux types de sols portent des noms russes car les premiers pédologues ont été russes, cherchant à comprendre, au siècle dernier, la raison d'une famine qui avait frappé l'Ukraine, pourtant couverte de tchernozioms, une terre noire très riche.

★ Jusqu'au 28 avril 1985, Palais de la découverte, avenue Franklin D. Roosevelt, 75008 Paris. Ouvert tous les jours de 10 heures à 18 heures, sauf le lundi. Entrée : 11 F.

Fig. 4. — Coupure de presse. Le Monde — 8 novembre 1984.

(1) Séance du 5 décembre 1984 — Compte-Rendu Ac. Agr. 1984, 70 (12) p.1589-1591.

(2) Coordination générale J. SERVANT, Cl. SCOUPE, V. ESCHENBRENNER et M.C. GIRARD.

(3) Conception : V. ESCHENBRENNER, B. VOLKOFF et G. PEDRO

Dessin : J. CORNET et P. MAZELLA (INRA-SES Montpellier)

Peinture : R. HARDY, M. Velly, L. ROUSSET et Mme B. NOIRTIN (INRA - SESCEF - Orléans).

gnée d'une estimation des ressources en sols de la Planète. Cette carte veut indiquer dès l'entrée que :

— La pédologie étant une science naturelle doit, pour être appréhendée correctement, avoir une dimension géographique, donc une assise mondiale ; de ce point de vue, la Science du Sol française est bien placée puisque les pédologues de notre pays ont été amenés à travailler depuis 50 ans dans beaucoup de pays du globe.

— A l'aube du 3^e millénaire, la connaissance des sols de toutes les parties de la planète apparaît comme absolument indispensable face à l'augmentation constante de la population.

A partir de là, l'exposition a été conçue autour de cinq grands thèmes :

Thème I : Le sol épiderme de la terre

Evolution des idées et passage de la connaissance populaire à l'approche rationnelle. Acquisition et diffusion des connaissances en France. But et intérêt de la Science du sol.

Thème II : Formation des sols : altération et pédogénèse

Le sol, milieu superficiel et organisé, à la rencontre du monde minéral et du monde vivant. Phénomènes d'altération des roches et de transformation des matières organiques. Modes d'intervention des organismes vivants. Différenciation des profils et développement des épaisses couvertures d'altération (latérites, bauxites...). Les différents niveaux d'organisation.

Thème III. Distribution des sols : prospection et cartographie

De la prospection de terrain au tracé de la carte pédologique. Les grandes classes de sol, en France et dans le monde. Les différentes échelles d'étude et de représentation. De la notion de type de sol au concept de couverture pédologique continue dans l'espace et dans le temps.

Thème IV. La terre arable : constitution et propriétés

Définitions et dénominations des terres. Nature et propriétés des argiles. Constituants organiques et complexe argilo-humique. Le sol, milieu structuré et poreux.

Thème V. Gestion et utilisation des sols

Contraintes (érosion, dégradation, pression humaine...) et potentialités, Utilisation raisonnée de l'espace pour la mise en valeur. Techniques et aménagements agricoles : Fertilisation raisonnée, Préparation du sol et façons culturales, Adaptation de la mécanisation à la gestion des sols, Drainage et assainissement, Irrigation. Le sol, système épurateur. Le sol, matière première.

L'exposition est composée de 57 panneaux dont 3 animés, 2 dispositifs informatiques (cartographie automatique et contrôle de l'irrigation), 5 dispositifs expérimentaux : altération et érosion expérimentales, action des vers de terre, mise en évidence des carences et caractérisation rapide des terres. 5 vitrines, 7 monolithes et enfin 3 diaporamas consacrés respectivement aux principaux types de sols du monde, aux organismes du sol et à l'utilisation de la télédétection en pédologie ; au total, 78 sites.

En définitive, cette réalisation montre combien ont été grands les progrès effectués dans la connaissance des sols depuis le début du siècle, avec toutes les retombées qui en découlent sur le plan agronomique. Maurice LENGLEN, qui a été le premier secrétaire général de l'Association Française pour l'Etude du Sol, avait rapporté un jour dans une communication à l'Académie (Séance du 12 juin 1946) le texte d'une vieille ballade bretonne qui disait : « Avant que vienne la fin du monde, la plus mauvaise terre produira d'excellent blé » (1). Or une telle sentence est bien la preuve que depuis toujours, l'homme de la terre, à quelque nation d'ailleurs qu'il appartienne, a pressenti en raison de son contact intime avec la nature que l'amélioration de l'agriculture passait par l'amélioration des sols : et il est de fait que l'une des raisons essentielles de la mise sur pied de l'exposition « Podzols, rendzines et les autres... » présentée en ce moment à Paris, est justement de montrer toute la véracité de cet aphorisme.

(1) Abarz ma verzo fin arbed
Falla douar ar, grella ed.

CULTUREL/LOISIRS

**UNE GRANDE EXPOSITION
PARISIENNE**

**Podzols et rendzines :
les dessous de vos sols**

**STRUCTURE
GÉNÉRALE
DE L'EXPOSITION**

**I — LE SOL, ÉPIDERME
DE LA TERRE**

Evolution des idées et passage de la connaissance populaire à l'approche rationnelle. Acquisition et diffusion des connaissances en France. But et intérêt de la science du sol.

**II — FORMATION DES SOLS :
ALTÉRATION ET
PÉDOGÈNESE**

Le sol, milieu superficiel et organisé, à la rencontre du monde minéral et du monde vivant. Phénomènes d'altération des roches et de transformation des matières organiques. Modes d'intervention des organismes vivants. Différenciation des profils et développement des épaisseurs couvertures d'altération (latérites, bauxites...). Les différents niveaux d'organisation.

**III — DISTRIBUTION DES SOLS :
PROSPECTION ET
CARTOGRAPHIE**

De la prospection de terrain au tracé de la carte pédologique. Les grandes classes de sols, en France et dans le monde. Les différentes échelles d'étude et de représentation. De la notion de type de sol au concept de couverture pédologique continue dans l'espace et dans le temps.

**IV — LA TERRE ARABLE :
CONSTITUTION ET
PROPRIÉTÉS**

Définitions et dénominations des terres. Nature et propriétés des argiles. Constituants organiques et complexe argilo-humique. Le sol, milieu structuré et poreux.

**V — GESTION ET UTILISATION
DES SOLS**

Contraintes (érosion, dégradation, pression humide...) et potentialités. Utilisation raisonnée de l'espace pour la mise en valeur. Techniques et aménagements agricoles. Le sol, système épurateur. Le sol, matière première.

2001, l'odyssée du sol est toute proche. Le sol, cette fine couche variant de quelques centimètres à quelques mètres, au mieux, fait vivre l'humanité. Fondation essentielle pour l'avenir, elle fait l'objet de soins de plus en plus attentifs. Les scientifiques français du sol qui fêtent leur tout jeune cinquantième, ont quitté quelques instants leurs profils et leurs horizons en sous-sols. Histoire de rappeler dans une exposition passionnante qu'il n'est pas question de dilapider ce capital séculaire des sols.

« Connaissez-vous les sols ? » Les Sherlock Holmes en sous-sol ont choisi de poser la question du 3^e millénaire. Nos ancêtres les Gaulois craignaient déjà que le ciel ne leur tombe sur la tête. Pendant ce temps là, les Grecs et les Romains, plus terre à terre, voyaient dans le sol un précieux mélange (eau, feu, terre-air). A l'heure menaçante des satellites espions, et de la guerre des étoiles, l'enquête au sol s'est affinée, Satellite à l'appui. Elle est devenue une science décidée à occuper le terrain plus que jamais.

La terre défend sa peau

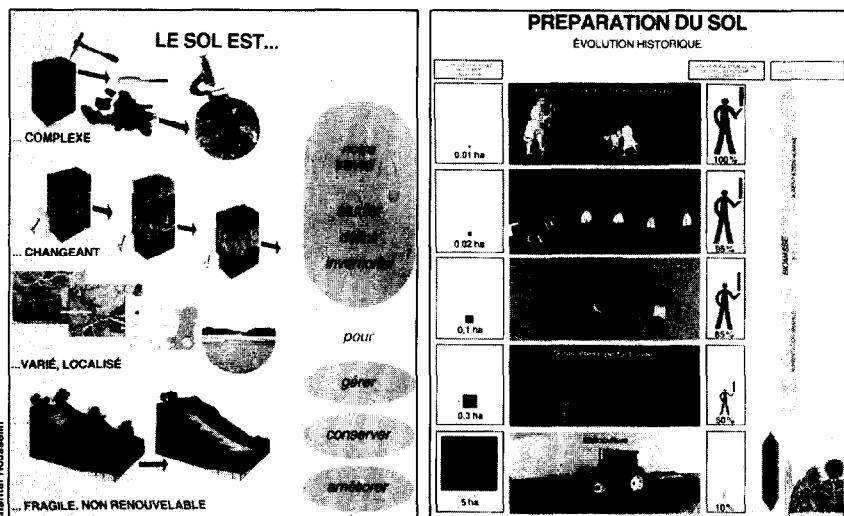
Le sol et l'homme ? De vieilles connaissances. Il n'y aurait que les anges pour dire le contraire. Il y a 10 000 ans environ, l'homme a commencé à donner un nom, une contenance, à ce qui se trouvait sous ses pieds.

Dans la parabole évangélique du semeur, il y avait déjà en prémices une science du sol. Bien avant les scientifiques, les paysans ont baptisé les terres de leur labeur : terreforts, boubènes, groies, doucins et compagnie ont fleuri au fil des ans et des régions. Le sol et l'homme sont devenus familiers et indissociables l'un à l'autre dans la vie de tous les jours : des casseroles aux produits de beauté, rien n'échappe au sol. Aujourd'hui encore le tiers de la population mondiale vit dans des habitations construites en argile séchée. Pourtant, l'opinion publique a la mémoire courte, dit-on. Il paraît que pour nombre de nos contemporains, le sol est synonyme d'abord de maquette ! En termes galants, mais insistants, les « fanas » de la pédologie tiennent à rappeler dès l'entrée de leur exposition

que le sol est l'épiderme de la terre, mince et fragile et qu'il s'agit de défendre sa peau. Ce qui s'est constitué au fil des siècles, peut quelquefois mourir en 70 ans, si la négligence s'installe.

**On pourrait doubler
les surfaces cultivées**

Les agriculteurs, de leur côté, savent depuis longtemps où ils mettent les pieds. Ils apprécieront d'autant plus ce tour du monde du sol en 60 panneaux. Ils découvriront notamment les terrains de travail de leurs collègues africains. Là où beaucoup de sols sont à l'état d'origine. Ils apprécieront les techniques d'analyse et de cartographie les plus modernes jusqu'au 25 000^e. Le sol est devenu une technologie de pointe. Le laser n'y est plus étranger. Ce capital est donné en partage à l'humanité. A la surface du globe les terres émergées représentent 14 900 millions d'hectares. 22 % (60 fois la superficie de la France) peuvent assurer une production agricole. Actuellement, 10,6 % de ces terres sont exploitées. On pourrait donc doubler les surfaces cultivées, ce qui offre un espoir aux 6 milliards de bouches à nourrir en l'an 2000. Les surfaces non cultivées représentent 210 fois la surface de la





France. Tous les pays n'ont pas les chances égales, du fait de leur territoire. Les sols bruns et lessivés sont localisés plutôt dans l'émisphère boréale, principalement en Europe et en Amérique du Nord. La sagesse des pédologues ne sera donc pas de trop pour que tout cela tienne mieux qu'à un fil. Leur exposition est d'un optimisme raisonné, même si le développement de l'agriculture intensive a posé de façon plus cruciale encore le problème des sols.

Les Russes les premiers

Tout cela, parce qu'un monsieur barbu à la Jules Verne a parcouru, à la fin du siècle dernier, la grande plaine de Russie avec plus d'attention que d'habi-

tude. B.B. Dokouchaev découvrirait, il y aura 100 ans en 1888, le sol scientifique, un corps naturel, évoluant. Dokouchaev menait ainsi le sol sur les fonds baptismaux de la science. Celui qui n'a même pas droit à une ligne dans nos dictionnaires usuels, aboutissait, là où Bernard Palissy, en France par exemple, avait figuré honorablement. C'est ainsi ce vent du nord qui souffle sur le titre de cette exposition. Ils sont là, les podzols (nom d'origine russe signifiant terre cendreuse et qui désigne un type de sol très acide), les rendzines (d'origine polonaise désignant un sol plus épais, caillouteux, basique, formé sur une roche calcaire). Deux types de sols dont nous découvrons les beaux profils alignés sagement

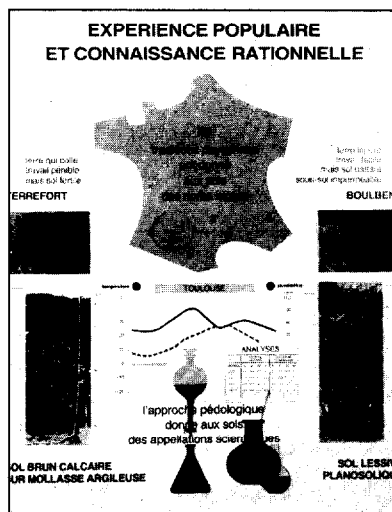
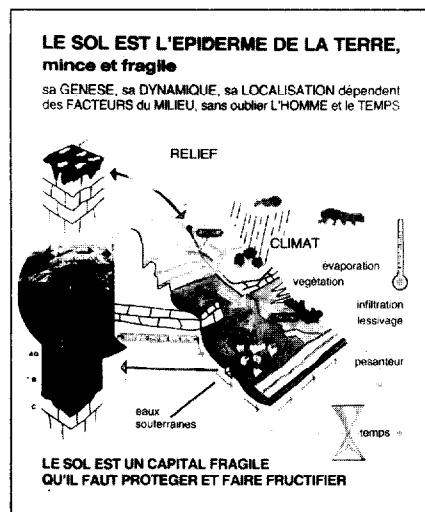
entre sol et plafond. Il y en a des bruns, des blonds, et des noirs. Des sols que l'on rencontre surtout dans les zones tempérées. Au fil de cette exposition, on redécouvre que le sol ce n'est pas seulement ces fabuleux 45 cm maximums connus et travaillés par les agriculteurs. C'est plus complexe et plus ambitieux. C'est toute la partie superficielle de l'écorce terrestre qui est déviagée et décrite au travail. Sait-on par exemple que l'érosion mécanique en Asie emmène jusqu'à 500 tonnes par an et par km² vers la mer.

Les obscurs travailleurs de la terre

Le sol est un fabuleux corps vivant qui nécessite diagnostic précis et médecines diverses. Dans un gramme de terre, il y a

environ un milliard de bactéries, 10 millions d'actinomycètes, 1 million de champignons et 100 000 algues. Un des moments les plus drôles de cette exposition est la démonstration du rôle de mixeur joué par les vers de terre. On constate ce que ces petites bêtes sont capables de faire en un mois de temps. Chaque nuit, au Palais de la Découverte, à l'heure du repos des gardiens, ils se remettent ainsi au travail. Obscurs mais combien efficaces. Autre moment étonnant, un voyage au plus intime de la matière sol. Ces argiles photographiées au micron et qui constituent les 45 % de la fraction active des sols. Des minéraux qui rassemblent leurs feuilles, constituent aussi le grand livre de vie. Ne manquez pas non plus toute la section concernant le drainage et le diaporama consacré aux types de sols et à la télédétection. En feuilletant ce catalogue des ressources de la terre, plus question de devenir superficiel.

Robert-Frédéric MIGRIORINI



METEO D'HIER ET D'AUJOURHUI

Le musée des Arts et traditions populaires a flairé le bon vent. Jusqu'au 15 avril, associé au musée des Sciences et techniques de la Villette, il présente une exposition sur la météo. De la girouette au satellite, en passant par les dictions, rien ne manque sous le soleil (compte rendu dans un prochain numéro).

Tous les jours, sauf le mardi, de 10 h à 17 h 15, 6, avenue Mahatma Gandhi, 75116 Paris (métro Sabline).

Conférences au Palais de la Découverte durant l'Exposition sur les Sols (25 octobre 1984 — 28 avril 1985)

Le sol, composante majeure de la biosphère par G. PEDRO — Informatique et cartographie. Application aux sols par D. KING — Le sol : un système épurateur efficace... s'il est bien géré ! par J.C. GERMON — Les sols dans le paysage par A. RUELLAN.

LE SOL, COMPOSANTE MAJEURE DE LA BIOSPHÈRE : **Georges PEDRO**, Département de Science du Sol, INRA ; Commission « Hydrologie-Pédologie », ORSTOM

Résumé

Bien que vivant à la surface du globe, l'homme connaît souvent très peu de choses sur le sol qui le supporte et qui assure pourtant sa subsistance. Il s'agit en effet d'un objet beaucoup trop courant et jusqu'ici en abondance suffisante pour devoir être considéré comme un pôle digne d'intérêt scientifique. Toutefois, l'augmentation constante de la population mondiale, l'intensification généralisée des mises en culture et l'utilisation de plus en plus fréquente des meilleurs sols à des fins non agricoles tendent progressivement à modifier le comportement habituel de l'humanité ; aujourd'hui l'idée que le sol est une ressource de premier plan et même la ressource par excellence qui nous est offerte gratuitement par la surface de la Planète, commence à faire son chemin

C'est ce qui a amené, depuis un certain nombre d'années, le développement de recherches spécifiques sur le sol, qui s'intègrent d'ailleurs dans une nouvelle science : la science du sol ou pédologie (de pédon = le sol). A la lumière des travaux réalisés, on sait aujourd'hui que le sol représente un milieu bien particulier, situé à l'interface de la lithosphère et de l'atmosphère. Il est d'abord un « matériau » meuble, à la fois de nature minérale et organique, et servant d'habitat normal à un certain nombre d'organismes vivants. C'est ensuite un « système » multiphasé et surtout hydraté, du fait des interactions permanentes entre la phase solide divisée et les phases fluides qui l'imprègnent (eau liquide et vapeur d'eau atmosphérique), donc un milieu perpétuellement changeant. C'est encore un « réacteur », puisqu'il est le siège d'un grand nombre de réactions d'ordre physicochimique, géochimique et biochimique. C'est enfin un « compartiment » fonamen-

tal de la biosphère dans la mesure où tous les phénomènes caractéristiques de la surface du globe sont en interaction avec lui.

De ce fait, bien connaître les divers mécanismes par lesquels les sols se forment, les différents processus grâce auxquels ils évoluent en fonction des conditions du milieu superficiel (à toute échelle de temps), et les principales lois qui président à leur distribution sur les continents, sont les objectifs majeurs des recherches les plus récentes, dont l'analyse approfondie, replacée dans le cadre général de la science du sol, constituera l'objet essentiel de cette étude.

La conférence a été présentée au Palais de la Découverte le 1^{er} décembre 1984. Elle a été publiée dans la Revue du Palais de la Découverte — n° 126 — mars 1985.

INFORMATIQUE ET CARTOGRAPHIE. APPLICATION AUX SOLS : **Dominique KING**, Service d'Etude des Sols et de la Carte Pédologique de France, INRA - Orléans.

Résumé

Une carte est un outil de décision permettant de visualiser des informations localisées géographiquement. Une réalité souvent très complexe peut être ainsi appréhendée d'un seul regard. L'informatique, science du traitement automatique de l'information, trouve dans le domaine de la cartographie un terrain particulièrement propice aux développements de nouvelles technologies.

INFOGRAPHIE

L'apport le plus spectaculaire de l'outil informatique se situe dans l'automatisation des tâches répétitives de dessin ou de reproduction graphique. A l'aide de techniques variées (table à digitaliser, lecteur optique, ...), on saisit les éléments informatifs d'une carte, soit des points, soit des lignes

ou des surfaces. L'ordinateur fonctionne alors comme une sorte d'appareil photographique restituant automatiquement à l'échelle désirée, en deux ou trois dimensions, un ou plusieurs éléments sélectionnés au sein de cette carte. Le coût et les délais de publication sont ainsi largement diminués.

BASE DE DONNÉES

On ne peut limiter l'intérêt de l'informatique à une simple robotisation du processus d'édition. A chaque élément graphique est associée une série d'arguments descriptifs. Un trait sur une carte devient par exemple une route pour laquelle on note divers renseignements : numéro de la route, type, circulation, état d'entretien, date de première réfection... Puisqu'il donne un sens au graphisme, cet ensemble descriptif est nommé « ensemble sémantique ». Il peut s'organiser en « base de données » classique permettant des possibilités irréalisables manuellement : sélection d'un thème, croisement d'informations, statistiques... etc. La visualisation graphique de l'information ainsi traitée permet d'envisager la production de cartes correspondant aux besoins spécifiques d'un utilisateur.

SYSTÈMES EXPERTS

Une telle réflexion sur l'objet même des informations contenues dans une carte nous conduit généralement à revoir l'idée première que l'on se fait de la cartographie. Par exemple, dans le domaine de la pédologie, une carte n'est pas seulement la juxtaposition d'unités cartographiques. La notice (voire d'autres documents, thèses...) nous explique que la carte est une expression de notre compréhension de l'organisation spatiale des horizons pédologiques. L'informatique doit être capable, dans notre exemple, de restituer toute l'information perçue par le pédologue. Ceci nous entraîne vers la mise en place de systèmes permettant l'élaboration automatique ou semi-automatique de cartes à partir des données de bases acquises sur un territoire : observations ponctuelles, éléments de paysage, données de télédétection, expériences livresques... etc. Dans ce domaine appelé cartogénèse, l'informatique n'est pas encore opérationnelle, mais elle a l'avantage de nous contraindre à suivre une démarche logique et rigoureuse.

L'informatique permet déjà une accélération du processus d'édition cartographique par l'automatisation de tâches répétitives. Elle permettra dans les années à venir un accès plus facile aux données pertinentes contribuant à une diffusion plus rapide et plus efficace de l'information, et ainsi, à des décisions économiques optimales.

La conférence a été présentée au Palais de la Découverte le 26 janvier 1985. Elle a été publiée dans la Revue du Palais de la Découverte, n° 127 — mai 1985.

LE SOL : UN SYSTÈME ÉPURATEUR EFFICACE... S'IL EST BIEN GÉRÉ ! : Jean-Claude GERMON, Laboratoire de Microbiologie des Sols, INRA - Dijon.

Résumé

De par son existence et son activité, l'homme est générateur de pollutions qu'il doit traiter pour ne pas altérer son environnement. Celles-ci peuvent être séparées en deux grands types : les pollutions domestiques et industrielles d'une part et les pollutions agricoles d'autre part.

Les deux premières se sont fortement concentrées géographiquement, à la suite de l'urbanisation et des regroupements industriels. Elles ont souvent conduit à la mise en place d'installations d'épuration spécifiques. Les pollutions agricoles sont au contraire diffuses sur le territoire et se sont accrues et diversifiées avec l'intensification de l'agriculture.

Quelles que soient la nature et l'origine des matières polluantes, celles-ci suivent généralement un cycle de transformation au cours duquel le sol est un lieu de passage obligé. Ceci est d'autant plus vrai que l'on s'efforce de réduire les rejets d'effluents dans les cours d'eau. On est ainsi conduit à répandre sur le sol des déchets divers (eaux, résiduaux urbains, industrielles, déjections animales, résidus pétroliers...) ou des produits issus d'usines de traitement d'épuration (boues résiduaux, composts, produits de décantations diverses...).

Ce mode de traitement des résidus est très ancien : il est dû aux différentes fonctions épuratrices du sol. La première est la conséquence de l'effet de dilution des matières polluantes (c'est la dose — et donc la concentration — qui fait le poison !). Mais ces matières polluantes vont aussi subir dans le sol différentes transformations qui vont leur faire perdre leur caractère néfaste : insolubilisation au contact des particules du sol, digestion par la microflore, réutilisation par la végétation... L'efficacité épuratrice du sol dépendra donc de la rapidité avec laquelle les produits solubles — susceptibles d'être entraînés par les eaux — seront immobilisés ou décomposés. Cette efficacité épuratrice peut être mesurée et exprimée en quantité de matière dépolluée : ces valeurs sont de plusieurs centaines de kg/ha/jour dans le cas de matières organiques facilement décomposables à des quantités beaucoup plus réduites — quelques grammes ou dizaines de grammes — avec des produits peu biodégradables.

Cette efficacité épuratrice est fortement conditionnée par la façon dont le sol est utilisé : si l'on parvient à définir le pouvoir épurateur d'un sol pour un résidu déterminé, la bonne gestion de ce système consistera à ne pas apporter plus de matière polluante qu'il ne peut en supporter : au-delà on s'expose à des entraînements par les eaux vers les couches plus profondes. Les connaissances que l'on a du fonctionnement du sol nous montrent aussi que les fonctions épuratrices du sol peuvent s'adapter aux produits apportés : ainsi l'apport d'un produit organique particulier — un pesticide par exemple — peut entraîner le développement d'une microflore spécifique capable de le dégrader. Les pratiques agricoles peuvent aussi jouer un rôle déterminant : ainsi l'intensification